

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-74298

(43)公開日 平成9年(1997)3月18日

(51)Int.Cl.⁶

H 05 K 9/00

C 03 C 14/00

識別記号

庁内整理番号

F I

H 05 K 9/00

C 03 C 14/00

技術表示箇所

W

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガラス又はセラミックスをマトリックスとし、金属粒子を複合相とする複合材料からなることを特徴とする電磁波シールド材。

【請求項2】 複合相の金属粒子が扁平状の延性金属粒子であることを特徴とする請求項1記載の電磁波シールド材。

【請求項3】 複合相の体積率が、2～60%である請求項1又は2記載の電磁波シールド材。

【請求項4】 複合相の金属が、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Fe、Ni、Co、Cu、Al、Mg、Zn及びそれらの合金、ステンレス鋼、パーマロイ及び超耐熱合金から選ばれる少なくとも一種である請求項1又は2記載の電磁波シールド材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電磁波シールド効果及び機械的特性に優れた電磁波シールド材に関する。

【0002】

【従来技術及びその問題点】 近年、各種の電子機器を外部からの電磁波障害から保護するため、あるいは電磁波発生源として周辺機器への障害を防止するために、電磁波シールド材料の必要性が高まっている。従来、このような電磁波シールド材料としては、樹脂中に金属粉末やCuなどの金属繊維、カーボンあるいはガラス繊維に金属メッキしたフィラーを分散させたものや樹脂の表面に金属粉末などを含んだ導電性の塗料を塗布したものが使用されている。しかし、これらのシールド材料のシールド効果は十分ではなく、また曲げ強度等の機械的特性も劣っている。

【0003】

【発明の目的】 本発明の目的は、前記問題点を解決し、電磁波シールド効果に優れ、しかも機械的特性に優れた電磁波シールド材を提供するものである。

【0004】

【問題点を解決するための手段】 本発明によれば、ガラス又はセラミックスをマトリックスとし、金属粒子を複合相とする複合材料からなる電磁波シールド材が提供される。本発明においては、複合相の金属粒子として粒状金属を用いることにより、粒子分散効果によりマトリックス部の高強度化が図れるため、複合体の強度を向上させることができる。また、複合相の金属粒子を扁平状の延性金属粒子とすることにより電磁波シールド材の機械的特性、特に強度及び韌性を改善することができる。さらに、複合相の金属粒子として、粒状金属と扁平状の延性金属粒子を併用してもよい。

【0005】 本発明における複合材料のマトリックスを構成するガラスとしては、特に制限はなく、例えば、結晶化ガラス、汎用ガラス等の酸化物系ガラスや非酸化物系ガラスから選ばれる一種又は二種以上のガラスを用い

ることができる。具体的には、結晶化ガラスとしては、LAS I ($Li_2O-Al_2O_3-SiO_2-MgO$ 系)、LAS II、III ($Li_2O-Al_2O_3-SiO_2-MgO-Nb_2O_5$ 系)、MAS ($MgO-Al_2O_3-SiO_2$ 系)、BMAS ($BaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$ 系)、Ternary mullite ($BaO-Al_2O_3-SiO_2$ 系)、Hexacelsian ($BaO-Al_2O_3-SiO_2$ 系)や、 $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2$ 系、 $Na_2O-Al_2O_3-SiO_2$ 系、 $Na_2O-CaO-MgO-SiO_2$ 系、 $PbO-ZnO-B_2O_3$ 系、 $ZnO-B_2O_3-SiO_2$ 系、 ZrO_2-SiO_2 系、 $CaO-Y_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$ 系、 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 系、 $MgO-CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 系、 $SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-MgO-K_2O-F$ 系等が挙げられる。汎用ガラスとしては、ケイ酸ガラス (SiO_2 系)、ソーダ石灰ガラス ($Na_2O-CaO-SiO_2$ 系)、カリ石灰ガラス ($K_2O-CaO-SiO_2$ 系)、ホウケイ酸ガラス ($Na_2O-B_2O_3-SiO_2$ 系)、アルミノケイ酸ガラス ($Al_2O_3-MgO-CaO-SiO_2$ 系)、鉛ガラス ($K_2O-PbO-SiO_2$ 系)、バリウムガラス ($BaO-SiO_2-B_2O_3$ 系)等が挙げられる。また、低融点ガラスとして、鉛ケイ酸塩ガラス ($PbO-SiO_2$ 系、 $PbO-B_2O_3-SiO_2$ 系等)、ほう酸塩ガラス (B_2O_3 系、 $Li_2O-B_2O_3$ 系、 $Na_2O-B_2O_3$ 系等)、りん酸塩ガラス ($Na_2O-P_2O_5$ 系、 $B_2O_3-P_2O_5$ 系等)や $Al_2O_3-Li_2O-Na_2O-K_2O-P_2O_5$ 系等が挙げられる。さらに、近年、開発が進められている $Y_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$ 系ガラス、オキシナイトライドガラス ($La-Si-O-N$ 系、 $Ca-Al-Si-O-N$ 系、 $Y-Al-Si-O-N$ 系、 $Na-Si-O-N$ 系、 $Na-La-Si-O-N$ 系、 $Mg-Al-Si-O-N$ 系、 $Si-O-N$ 系、 $Li-K-Al-Si-O-N$ 系)や熱膨張率の小さい TiO_2-SiO_2 系、 $Cu_2O-Al_2O_3-SiO_2$ 系等が挙げられる。また、非酸化物系ガラスとしては、ふっ化物系ガラスやカルコゲン系ガラスを用いることができる。

【0006】 また、複合材料のマトリックスを構成するセラミックスとしては、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 MgO 、ムライト、 MgO/Al_2O_3 、 Al_2O_3/Y_2O_3 等が挙げられる。また、複合相の金属としては、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Fe、Ni、Co、Cu、Al、Mg、Zn及びそれらの合金、ステンレス鋼、パーマロイ及び超耐熱合金から選ばれる少なくとも一種の金属が用いられる。特に、金属としてFe、Ni、Co及びそれらの合金の少なくとも一種を選択した場合には、磁場におけるシールド効果が特に優れた材料が得られる。複合相の金属として、粒状金属と扁平状の延性金属を併用する場合、これらは同一でも異なっていてもよい。

【0007】 また、本発明においては、複合相として金属粒子とともに、セラミックス粒子、セラミックスウイスカ、無機質短纖維等を併用してもよい。これらを併用することにより、複合体の強度、韌性をさらに向上させることができる。セラミックス粒子としては、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Fe、Ni、Co、Al、Y、Si及びBの酸化物、窒化物、炭化物、ほう化物、珪化物及び炭窒化物から選ばれる少なくとも一種のセラミックス粒子が挙げられる。セラミックスウイスカとしては、 Si_3N_4 、SiC、Ti

C、グラファイト、チタン酸カリウム、ほう酸アルミニウム、ZnO、MgO、ほう酸マグネシウム、TiB₂、ムライト等のセラミックスウイスカーから選ばれる少なくとも一種が挙げられる。また、無機質短纖維としては、アルミナ、アルミナ・シリカ、シリカ、ジルコニア等の短纖維、アルミナ、Si₃N₄、SiC、特公昭58-5286号公報に代表されるSi、Ti、C及びOを主成分とする無機纖維等の長纖維をチョップ状に切断したものから選ばれる少なくとも一種が挙げられる。これらは、特に、焼結温度で使用する金属粒子と反応して脆弱な化合物を生成しないものを選択することが重要である。

【0008】マトリックスと金属の組み合わせは、マトリックスの焼結可能温度より金属の融点が高い組み合わせを選択することが必要である。例えば、マトリックスがガラスの場合、例えば、ケイ酸ガラス系やTiO₂-SiO₂系の場合には、焼結温度が1600℃以上になるため、それより高い融点を持つ金属であるV、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W及びそれらの合金を用いることが好ましい。また、オキシナイトライドガラスの焼結温度、及びPbO-ZnO-B₂O₃系を除く結晶化ガラスの焼結温度と結晶化温度は、およそ700～1300℃であるため、さらにTi、Fe、Ni、Co及びそれらの合金、ステンレス鋼、バーマロイ、超耐熱合金も使用することができる。さらに、汎用ガラスでは焼結温度がおよそ600～1000℃であるため、上記の他にCuも使用することができ、PbO-ZnO-B₂O₃系結晶化ガラスと低融点ガラスでは焼結温度がおよそ200～600℃であるため、さらにAl、Mg、Zn及びそれらの合金を使用することができる。

【0009】セラミックスをマトリックスとする場合は、例えば、Al₂O₃の場合には、一般的な粉末では焼結温度が1600℃であるため、それより高い融点を持つ金属であるV、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wを用いることが好ましい。また、低温度焼結タイプ（例えば、タイミクロントM-DAR；大明化学工業株式会社製）では、焼結温度が1200℃となるため、さらにTi、Fe、Ni、Co、ステンレス鋼、超耐熱合金も使用することができる。さらに、Al₂O₃にガラス相を加えていくと焼結温度を約900℃まで下げることができるので、上記の他にCuも使用することができる。また、ZrO₂（焼結温度>1800℃）とMgO（焼結温度>1400℃）の場合には、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Fe、Ni、Co、ステンレス鋼、超耐熱合金を用いることができる。ムライト（焼結温度>1500℃）の場合には、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Feを用いることができる。

【0010】本発明においては、ガラス又はセラミックスマトリックスに複合相として金属粒子を添加すること

により体積抵抗率が下がると共に、電磁波シールド効果が向上する。さらに複合相の金属の形態を扁平状とすることにより金属の塑性変形がより作用するため、複合材料の強度及び韌性を向上することができる。特に、扁平面の最小径をd、厚さをtとしたときにd/t≥3であることが望ましい。d/tが3未満の場合には、クラックが金属粒子とマトリックスとの界面を進行しやすくなるため金属相の塑性変形を十分に利用できなくなるので好ましくない。d及びtの範囲としては特に制限はないが、d/t≥3の関係を満足していることが好ましい。また、複合相として粒状金属と扁平状の延性金属を併用することにより、粒状金属の粒子分散効果によりガラスマトリックス部の高強度化が図れるため、複合体の強度をさらに向上させることができる。

【0011】さらに、複合相としてセラミックス粒子、セラミックスウイスカー、無機質短纖維等を併用することにより、マトリックス部の高強度化が図れるため、複合体の強度、韌性をさらに向上させることができる。セラミックス粒子の粒径は2μm以下、好ましくは、1μm以下であることが望ましい。粒径が2μmよりも大きくなると粒子分散効果が得られないで好ましくない。セラミックスウイスカーの形状については、特に制限はなく、無機質短纖維は、分散性から長さが5mm以下のものが好ましい。

【0012】本発明のガラス複合材料における複合相の体積率は2～60%、特に10～50%であることが好ましい。複合相の体積率が2%よりも少ない場合には、十分な導電性が得られないためシールド効果が十分でない。また、複合相の体積率が60%よりも多くなると、複合体の密度が上がり実用的でない。また、複合相としてセラミックス粒子、セラミックスウイスカー、無機質短纖維等を併用する場合、これらの体積率は、2～40%、特に3～30%であることが好ましい。体積率が2%よりも少ない場合には、添加の効果が発現しない。また、体積率が40%よりも多くなってもそれ以上機械的物性は向上しない。

【0013】本発明の電磁波シールド材は、以下の方法で製造される。まず、金属粉末表面にガラス粉末又はセラミックス粉末が付着している複合粉末を製造する。このような複合粉末は、金属粉末とガラス粉末又はセラミックス粉末を混合することにより製造できる。扁平状の金属粒子とするときには、延性金属粉末を混合中に塑性変形させて扁平化させることにより製造できる。ガラス粉末の粒度は、特に制限はないが、5.0μm以下のものが望ましい。セラミックス粉末の粒度は特に制限はないが、焼結性のよい平均粒径1μm以下のものが望ましい。また、金属粉末の粒子径は、球状の場合は、機械的性質を維持する点から150μm以下、特に100μm以下のものが望ましい。扁平状とする場合には、扁平化を容易に促進するために1～200μm、特に3～10

0 μmの範囲が好ましい。延性金属粉末の粒子径が1 μmよりも小さないと、微粒のため扁平化させることができない。また、200 μmよりも大きくなると、粗粒のため焼結を困難にし、またガラス粉末又はセラミックス粉末との分離が激しくなるため、均一混合が困難となる。金属粉末とガラス粉末又はセラミックス粉末の混合割合は、混合粉末における金属粉末の体積率が2～60%，特に10～50%であることが好ましい。

【0014】また、複合相としてセラミックス粒子、セラミックスウイスカー、無機質短纖維等を併用する場合、金属粉末とガラス粉末又はセラミックス粉末の混合時に添加する。セラミックス粉末の粒子径は、2 μm以下、特に1 μm以下が好ましい。セラミックス粉末の粒子径が2 μmよりも大きくなると、粒子分散効果が得られない。セラミックスウイスカーの形状については、特に制限はなく市場にでているタイプをそのまま用いることができる。無機質短纖維や長纖維を切断して用いる場合には、取扱易さや分散性から長さが5 mm以下のものを用いるのが好ましい。これらの混合割合は、体積率が、2～40%，特に3～30%であることが好ましい。

【0015】金属粉末とガラス粉末又はセラミックス粉末の混合方法については、特に制限はなく湿式及び乾式のいずれも採用できる。湿式混合の場合の溶媒としてはエタノール、メタノール等が一般に使用される。混合装置については、ボールミル、振動ミル、アトライター、遊星型ボールミル等を用いることができる。延性金属粉末は、混合時のボール等の混合媒体による機械的混合により球状から扁平状へと変形が進む。したがって、混合条件の制御により扁平化の程度を制御することができ、球状あるいは扁平状の選択をすることができる。一般に、混合時間、回転数等の条件により変形量は変わるので、扁平粒子とする時はこれらの条件を制御し、扁平化の形状が $d/t \geq 3$ を満足するように扁平化させることが望ましい。さらに、この混合過程で、金属粉末の表面にガラス粉末又はセラミックス粉末が付着するため、焼結過程で金属同士が接触、造粒することを防止することができる。なお、金属粉末とガラス粉末又はセラミックス粉末の混合割合によっては、金属表面に付着しないガラス粉末又はセラミックス粉末も共存することは言うまでもない。また、使用する金属粉末の粒度によっては、混合後も未変形の粒子が残るが、扁平化した粒子が適量あれば、機械的特性の改善効果は得られる。また、上記の扁平な延性金属粉末表面にガラス粉末又はセラミックス粉末が付着している複合粉末は、予め延性金属粉末を圧延加工等により扁平化させ、これとガラス粉末又はセラミックス粉末を混合することによっても製造することができるが、混合と扁平化を同時に実行する前述の方法が工程の簡略化と均一混合の面で有利である。

【0016】次に、得られた混合粉末を所望の形状に成

形した後、窒素、アルゴン等の不活性ガス雰囲気下または真空中で200～1800℃で焼結する。焼結方法としては、公知の焼結方法を用いることができる。例えば、CIP成形や射出成形した成形体を常圧焼結や真空焼結さらにHIPで高密度化するプロセスでは、球状粒子の場合や扁平化した粒子でも3次元にランダムに配向するため等方的な組織となるが、扁平粒子を用いてホットプレス等の一軸加圧方法により成形を行うと、扁平化した粒子はプレス方向と垂直方向に2次元に配向するので、特に厚さ方向のシールド効果が向上する。また、マトリックスがガラスの場合、押し出し法やロール成形などにより、長尺の形状に成形することもできる。さらに、鍛造法や铸造法、好ましくは加圧铸造法により直接複雑形状の成形をすることもできる。また、焼結は、200～1800℃の温度範囲で行うことができるが、扁平粒子を用いる場合には、扁平な延性金属の形状が保持されるように延性金属の融点より低い温度で行えるように、前記したガラス粉末又はセラミックス粉末と延性金属を選択することが必要である。

【0017】

【作用】本発明によれば、ガラス又はセラミックスマトリックスに複合相として金属粒子を添加することにより体積抵抗率が下がると共に、電磁波シールド効果が向上する。さらに複合相の金属の形態を扁平状とすることにより扁平粒子の塑性変形も十分利用することができるため高韌性化に寄与でき、さらに強度も向上させることができるためにシールド効果に優れしかも機械的特性の優れた電磁波シールド材が提供できる。また、複合相としてセラミックス粒子、セラミックスウイスカー、無機質短纖維等を併用することにより、ガラスマトリックス部の高強度化が図られるため、複合体の強度、韌性をさらに向上させることができる。さらにガラス又はセラミックスと熱膨張係数の大きく異なる粒子を選択すれば、焼結過程で発生する熱応力による残留応力により、さらに高強度化が可能となり、高強度、高韌性の構造部材に適用できるガラス複合材料が提供できる。また、前述したように扁平状の複合相を2次元に配向させれば、配向方向と垂直方向のシールド効果をさらに向上させることができる。さらに、複合相の形態は、原料粉末である延性金属粉末とガラス粉末又はセラミックス粉末の混合中の変形を利用して扁平化が達成できるため、複合相の形状の制御が容易であり、追加の製造プロセスを必要とせず、複合化によるコスト増を抑えることができる。

【0018】

【実施例】以下に実施例及び比較例を示し、本発明をさらに具体的に説明する。

実施例1

ソーダ石灰ガラス ($\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系) 粉末 (粒径4.5 μm以下) とFe粉末 (300 メッシュアンダー; 高純度化学研究所製) を体積率が80:20となるように秤

量した。これらの混合粉末をエタノール溶媒中、窒化珪素ボールを用いてボールミル混合を行った。図1及び図2にボールミル後の混合粉末の外観の走査型電子顕微鏡像と断面組織の光学顕微鏡像を示す。これらより、Fe粉末がボールミル混合により扁平化し、さらにガラス粉末が表面に付着していることがわかる。

【0019】この混合粉末を黒鉛のモールドにいれ、ホットプレスにより、740°C、100kg/cm²の圧力でアルゴン中、1時間保持して焼結を行った。図3に得られた複合材料のプレス方向と平行方向の断面組織の光学顕微鏡像を示す。複合相は2次元に配向し、 $d/t \geq 3$ を満たして扁平化していることがわかる。この複合材料から $165 \times 165 \times 5$ mmの試験片を加工し、社団法人関西電子工業振興センターの生駒電波測定所において「KEC法」により電場及び磁場におけるシールド効果を測定した。その結果を図4及び図5に示す。いずれも優れたシールド効果を示しており、磁場においては1MHz以上では測定限界を越えるシールド効果が得られ、さらに電場においては測定周波数すべてにおいて測定限界を越えるシールド効果が得られ、本発明の効果が示された。また、得られた複合材料について3点曲げ試験により曲げ強度を、SEVENB法により破壊韌性を測定したところ、曲げ強度 25kg/mm^2 、破壊韌性 $6\text{MPam}^{1/2}$ という高い値が得られた。

添加金属	曲げ強度 (kg/mm ²)	破壊韌性 (MPam ^{1/2})
Mo粉末；粒径53～10μm (M-60；昭和電工製)	35	7
Ni粉末；300メッシュアンダー (高純度化学研究所製)	25	5
Fe粉末；300メッシュアンダー (高純度化学研究所製)	33	6
Co粉末；300メッシュアンダー (高純度化学研究所製)	25	5

【0022】実施例3

マトリックスにMAS(MgO-Al₂O₃-SiO₂系)粉末(粒径20μm以下)を用い、添加金属に平均粒径0.7μmのMo粉末(Mo-H-D；日本新金属製)を体積率が80:20となるようにして、実施例2と同様にして複合材料を製造した。得られた複合材料は、添加した微粉の球状のMo粒子が均一に分散した組織を示した。この複合材料について実施例1と同様にしてシールド効果を測定したところ、実施例2のMo添加材の場合とほぼ同等のシールド特性を示した。また、得られた複合材料について実施例1と同様にして曲げ強度と破壊韌性を測定

【0020】実施例2

マトリックスにMAS(MgO-Al₂O₃-SiO₂系)粉末(粒径20μm以下)を用い、添加金属に表1に記載の粉末を用いて、体積率が80:20となるようにして、実施例1と同様にして複合材料を製造した。なお、ホットプレスの温度は1000°Cとした。得られた複合材料について実施例1と同様にしてシールド効果を測定した。その結果を図6及び図7に示す。なお、比較のために現在使用されているシールド材について、導電性プラスチック2種及び無電解めっき法と導電塗料の計4種の測定結果(工業材料、1994年3月号(Vol. 42, No. 3) p 39より引用)も併せて示した。これから、電場においてはいずれの金属においても測定周波数すべてにおいて測定限界を越えるシールド効果が得られた。また、磁場においても優れたシールド効果を示し、特にFe及びCoでは1MHz以上では測定限界を越えるシールド効果が得られた。特に比較データと比べてもはるかに優れたシールド効果を示しており、本発明の効果が明らかである。また、得られた複合材料について実施例1と同様にして曲げ強度と破壊韌性を測定した結果を表1に示す。

【0021】

【表1】

したところ、曲げ強度 40kg/mm^2 、破壊韌性 $2\text{MPam}^{1/2}$ という値が得られた。実施例2の扁平状のMo添加材に比べ強度はやや高い値であるが、韌性値は低く扁平化することで、信頼性のより高いシールド材が得られることが示された。

【0023】実施例4

マトリックスに純度99.99%のアルミナ粉末(AKP-30；住友化学製)と粒径53～10μmのMo粉末(MA-60；昭和電工製)を体積率が80:20になるようにして、実施例2と同様にして複合材料を製造した。なお、ホットプレス温度は1600°C、圧力は3

0.0 kg/cm²とした。この複合材料について実施例1と同様にしてシールド特性を測定したところ、実施例2のMo添加材とほぼ同等の優れたシールド特性を示した。また、得られた複合材料について実施例1と同様にして曲げ強度と破壊靭性を測定したところ、曲げ強度 5.0 kg/mm²、破壊靭性 1.1 MPa m^{1/2}という高い値が得られた。

【0024】実施例5

ZrO₂粉末(3Y; 東ソー製)とNi粉末(300メッシュアンダー; 高純度化学研究所製)を体積率が80:20になるようにして、実施例2と同様にして複合材料を製造した。なお、ホットプレス温度は1400°C、圧力は30.0 kg/cm²とした。この複合材料について実施例1と同様にしてシールド特性を測定したところ、実施例2のNi添加材とほぼ同等の優れたシールド特性を示した。また、得られた複合材料について実施例1と同様にして曲げ強度と破壊靭性を測定したところ、曲げ強度 8.0 kg/mm²、破壊靭性 12.5 MPa m^{1/2}という高い値が得られた。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、本発明の実施例1のボールミル後の

混合粉末の粒子構造を表す図面に代える走査型電子顕微鏡写真である。

【図2】 図2は、本発明の実施例1のボールミル後の混合粉末の粒子構造を表す図面に代える光学顕微鏡写真である。

【図3】 図3は、本発明の実施例1で得られた複合材料のガラス材料の組織を表す図面に代える光学顕微鏡写真である。

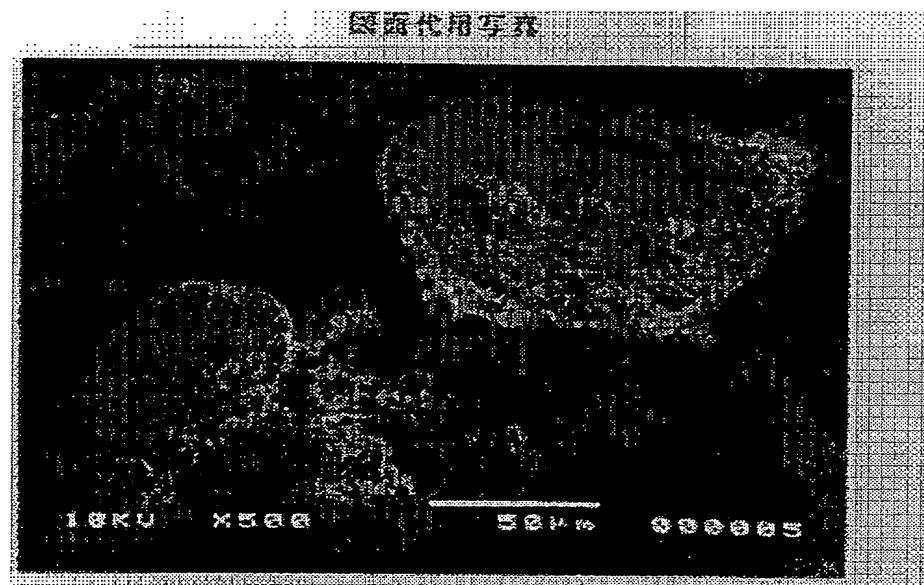
【図4】 図4は、本発明の実施例1で得られた複合材料の電場におけるシールド効果を測定した結果を表す図面である。

【図5】 図5は、本発明の実施例1で得られた複合材料の磁場におけるシールド効果を測定した結果を表す図面である。

【図6】 図6は、本発明の実施例2で得られた複合材料の電場におけるシールド効果を測定した結果を表す図面である。

【図7】 図7は、本発明の実施例2で得られた複合材料の磁場におけるシールド効果を測定した結果を表す図面である。

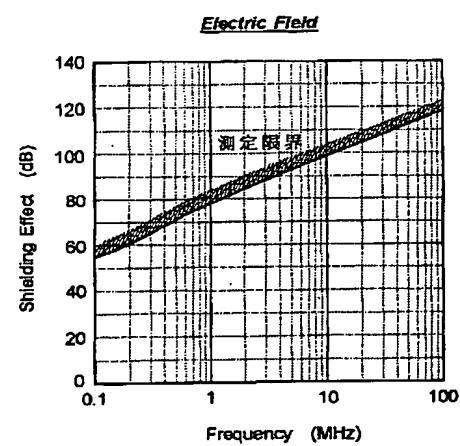
【図1】



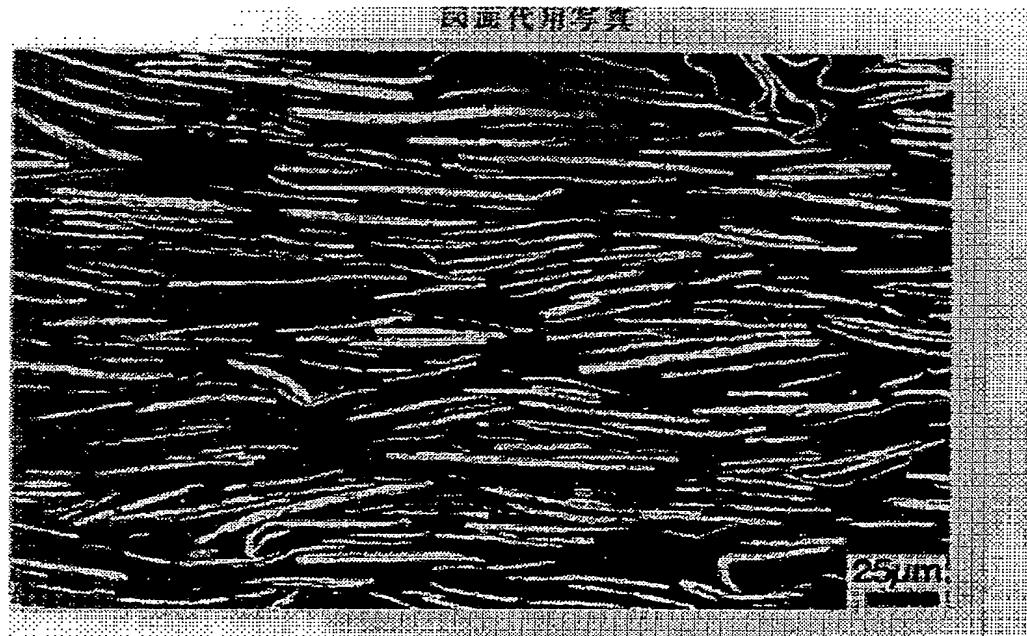
【図2】



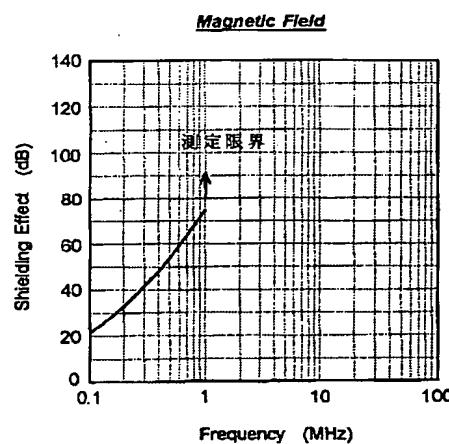
【図4】



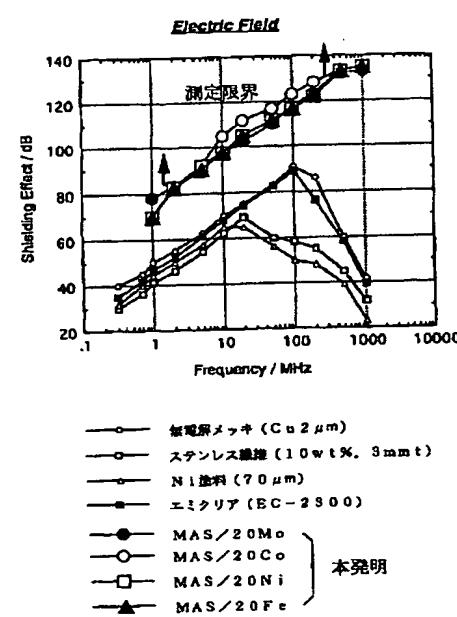
【図3】



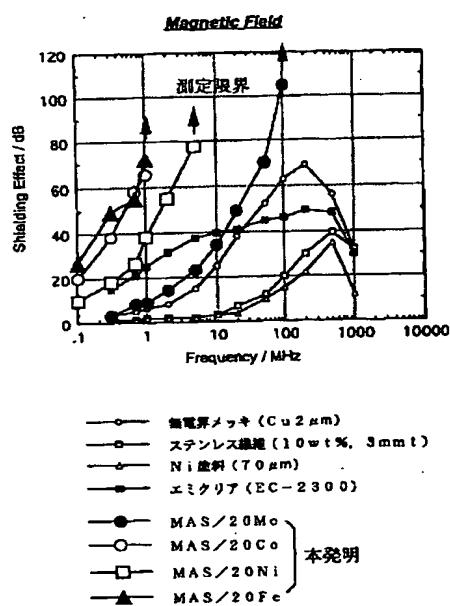
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 神徳 泰彦

山口県宇部市大字小串1978番地の5 宇部
興産株式会社宇部研究所内